



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en
<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO

FACULTAD DE ECOLOGÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO

CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACION PARA TESIS A

NIVEL DE PREGRADO 2015



**Influencia del consumo de agua dura de pozo sobre la salud de los pobladores
del caserío Nuevo Huancabamba, Moyobamba, 2017**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Sanitario

AUTOR:

Waldir Reyes Tineo

ASESOR:

Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna

Código N° 6050817

Moyobamba – Perú

2019

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO
FACULTAD DE ECOLOGÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA SANITARIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO
CONCURSO DE PROYECTOS DE INVESTIGACION PARA TESIS A
NIVEL DE PREGRADO 2015





**Influencia del consumo de agua dura de pozo sobre la salud de los pobladores
del caserío Nuevo Huancabamba, Moyobamba, 2017**

AUTOR:

Waldir Reyes Tineo

Sustentada y aprobada el 25 de febrero del 2019, ante el honorable jurado:


.....
Ing. Dr. Yrwin Francisco Azabache Liza
Presidente


.....
Blgo. M. Sc. Luis Eduardo Rodríguez Pérez
Secretario


.....
Lic. M. Sc. Carmela Salvador Rosado
Miembro


.....
Ing. M. Sc. Santiago Alberto Casas Luna
Asesor

Declaratoria de Autenticidad

Waldir Reyes Tineo, con DNI N° 73460942, egresado de la Facultad de Ecología, Escuela Profesional de Ingeniería Sanitaria de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, con la tesis titulada: **Influencia del consumo de agua dura de pozo sobre la salud de los pobladores del caserío Nuevo Huancabamba, Moyobamba, 2017**

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis de investigación presentada es de mi autoría.
2. La redacción fue realizada respetando las citas y referencias de las fuentes bibliográficas consultadas.
3. Toda la información que contiene esta tesis no ha sido auto plagiada.
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido alterados ni copiados, por tanto, la información de esta investigación debe considerarse como aporte a la realidad investigada.

Por lo antes mencionado asumimos bajo responsabilidad las consecuencias que deriven de mi accionar, sometiéndome a las leyes de nuestro país y normas vigentes de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Moyobamba, 25 de febrero del 2019.

.....
Bach. Waldir Reyes Tineo
DNI N° 73460942



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis.

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Reyes Tineo Waldir		
Código de alumno :	105253	Teléfono:	970969149
Correo electrónico :	wreyest@outlook.com	DNI:	73460942

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ecología
Escuela Profesional de:	Ingeniería Sanitaria

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos del Trabajo de investigación

Título:	Influencia del consumo de agua dura de pozo sobre la Salud de los pobladores del caserío Nuevo Huancabamba, Moyobamba, 2017
Año de publicación:	2019

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indique el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital.

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el título profesional o grado académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín - Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el inciso 12.2, del artículo 12° del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales - RENATI **“Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA”.**

Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM – T.

Fecha de recepción del documento:

15 / 07 / 2019



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM – T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

** **Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

Dedicatoria

A MI PADRE:

Por su apoyo incondicional, que siempre me ha brindado para poder ser un profesional, sin importar las dificultades.

A MI MADRE:

Por haberme dado la vida y enseñado grandes valores que me ayudan cada día para ser una mejor persona.

A MIS HERMANOS:

Por estar siempre conmigo y ser parte importante de una hermosa familia unida y luchadora.

Agradecimiento

- ✓ En primer lugar, agradecer a Dios por la vida y la salud que me da cada día, porque gracias a él puedo hacer muchas cosas positivas, su ayuda y amor incondicional me hacen cada día una mejor persona.
- ✓ A mis padres, quienes con su apoyo incondicional siempre están para mí en todo momento y me ayudan cada día a cumplir mis objetivos.
- ✓ A mi asesor, el Ingeniero Santiago Alberto Casas Luna, quien con su apoyo constante y consejería estuvo siempre alentándome para poder terminar este trabajo de investigación.
- ✓ A mi novia Esther, por ser parte importante de mi vida y ayudarme día a día a confiar en mí mismo y poder cumplir mis sueños y objetivos.
- ✓ A mi alma máter, la Universidad Nacional de San Martín Facultad de Ecología, que me brindó la oportunidad de formarme en sus aulas y con sus grandes docentes que imparten conocimientos día a día y nos enseñan grandes valores.

Índice general

	Pág.
Dedicatoria	vi
Agradecimiento.....	vii
Resumen	xi
Abstract	xii
 Introducción.....	 1
 CAPÍTULO I: REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	 3
1.1. Fundamentación de los antecedentes de la investigación.....	3
1.2. Fuentes teóricas de sustento a la investigación	4
1.3. Definición de Términos	22
 CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS.....	 24
2.1. Materiales.....	24
2.2. Métodos	24
 CAPÍTULO III: RESULTADOS Y DISCUSIÓN	 26
3.1. Determinación la dureza total del agua de pozo del Caserío Nuevo Huancabamba.	 26
3.2. Determinación de la influencia sobre el incremento de los casos de litiasis urinaria causadas por el consumo de agua dura de los pobladores del Caserío Nuevo Huancabamba.	 27
3.3. Métodos de tratamiento que se adecúe al área de influencia del proyecto.	40
3.4. Discusiones	42
 CONCLUSIONES	 44
 RECOMENDACIONES	 45
 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	 46
 ANEXOS.....	 48

Índice de tablas

	Pág.
Tabla 1. Proyección de la población de referencia al año 2017	6
Tabla 2. Población que cuentan con seguros de salud.	7
Tabla 3. Servicios básicos de la población.	8
Tabla 4. Dureza del agua según la concentración de CaCO_3	18
Tabla 5. Tipo de agua según la concentración de CaCO_3	19
Tabla 6. Tipo de agua según la concentración de CaCO_3	19
Tabla 7. Determinación de la dureza total.....	27
Tabla 8. Edad promedio de la población.....	28
Tabla 9. Tiempo que habitan en el centro poblado	29
Tabla 10. Cantidad de agua que bebe diariamente	30
Tabla 11. Forma de beber el agua.....	31
Tabla 12. Procedencia del agua que consume	32
Tabla 13. Observaciones al hervir el agua	33
Tabla 14. ¿Qué usa en el lavado de ropa?.....	34
Tabla 15. ¿Qué usa para bañarse?.....	35
Tabla 16. Problemas notados en la preparación de menestras	36
Tabla 17. ¿Ha sentido algunos de estos síntomas?	37
Tabla 18. ¿Su familia presenta problemas de cálculos renales?.....	38
Tabla 19. ¿Ha sufrido usted de cálculos renales?	39

Índice de figuras

	Pág.
Figura 1. Tipos de acuíferos según su comportamiento.....	11
Figura 2. Construcción de un Pozo (excavación, propulsión, perforación)	12
Figura 3. Edad promedio de los pobladores	28
Figura 4. Tiempo que habitan en el centro poblado	29
Figura 5. Cantidad de agua que consume diariamente.....	30
Figura 6. Forma de beber el agua	31
Figura 7. Procedencia del agua que consume.....	32
Figura 8. Observaciones al hervir el agua	33
Figura 9. Que usa en el lavado de ropa	34
Figura 10. ¿Qué usa para bañarse?	35
Figura 11. Problemas notados en la preparación de menestras	36
Figura 12. Ha sentido algunos síntomas	37
Figura 13. Su familia presenta problemas de cálculos renales	38
Figura 14. Ha sufrido usted de cálculos renales	39
Figura 15. Morbilidad por litiasis en el caserío Nuevo Huancabamba	39

Resumen

La investigación se realizó durante los meses de abril a Julio de 2017, la población fue encuestada acerca de la ocurrencia de cálculos renales (litiasis) y además de otros síntomas comunes que se relacionan con enfermedades al sistema urinario. Al mismo tiempo, se tomaron muestras de agua de las dos fuentes de agua subterránea (02 pozos circulares), destinado al consumo directo, fueron tomados y analizados para determinar la dureza total del mismo. De un total de 653 personas encuestadas (el 90% de la población), 384 de ellos (28,33%) aseguraron haber padecido de litiasis (cálculos renales) de acuerdo a las Tasas de morbilidad del INEI, 2015. La dureza del agua (≥ 150 mg/L de CaCO_3) estuvo asociado a una alta prevalencia de litiasis en el área de estudio. La morbilidad más alta por litiasis de cálculo al riñón es debido a que las aguas de consumo humano no cuentan con ningún tipo de tratamiento antes de ser consumido.

De acuerdo a los resultados obtenidos y los análisis respectivos, se concluye que el consumo prolongado de aguas que presentan concentraciones mayores a 120 mg/L de CaCO_3 , presenta un factor de riesgo en la formación de cálculos en las vías urinarias en los pobladores del caserío Nuevo Huancabamba, lo que significa un incremento de gastos a nivel familiar, disminuyendo así la calidad de vida de los mismos.

Palabras clave: agua dura, dureza, litiasis, salud, agua subterránea, morbilidad, ablandamiento.

Abstract

This research was conducted during the months of April to July 2017, the population was surveyed regarding the occurrence of kidney stones (lithiasis) and other common symptoms related to diseases of the urinary system. At the same time, water samples were taken from two sources of groundwater (2 circular wells), intended for direct consumption, and analyzed to determine the total hardness of it. Of a total of 653 people surveyed (90% of the population), 384 of them (28.33%) claimed to have suffered from lithiasis (kidney stones) according to the INEI Morbidity Rates, 2015. Water hardness (≥ 150 mg/L of CaCO_3) was associated with a high prevalence of lithiasis in the study area. The highest morbidity from kidney stone lithiasis is due to the fact that human drinking water does not have any type of treatment before being consumed.

According to the results obtained and the respective analyses, it is concluded that prolonged consumption of water with concentrations greater than 120 mg/L of CaCO_3 , presents a risk factor in the formation of stones in the urinary tract to the inhabitants of the town of Nuevo Huancabamba, which means an increase in family expenses, thus decreasing their quality of life.

Keywords: hard water, hardness, lithiasis, health, groundwater, morbidity, softening.



Introducción

Mientras en el país se lucha día a día para acceder a los servicios básicos y tener una mejor calidad de vida, el estado viene promoviendo en sus políticas el acceso a estos servicios en las zonas más alejadas y que necesitan con urgencia mejorar la salubridad de la población. Pero muchas veces el abastecimiento de agua no tiene un tratamiento adecuado, ya que se prioriza el tratamiento de este líquido elemento para eliminar parásitos, es decir sólo se centran en una desinfección y luego se hace llegar el agua a los hogares. En ese sentido, hay que tener en cuenta que la mayoría de captaciones de agua se realiza de fuentes subterráneas, y éstas por naturaleza tienden a tener cierto grado de compuestos químicos en concentraciones significativas, tal es el caso de las aguas duras.

Para el año 2003, el 40% de muestras de aguas subterráneas se encontraba por encima del Límite Máximo Permisible en cuanto a concentraciones de dureza (SUNASS, 2004). Este tipo de agua es un problema que se deja de lado en la mayoría de proyectos de abastecimiento de agua para las localidades rurales y que con el tiempo llegan a causar problemas en la salud. Los problemas principales que causa a la salud de los consumidores son debido al exceso de concentraciones de Calcio y Magnesio, afectando principalmente a las vías urinarias y como consecuencia incrementando los casos de litiasis urinaria, ya que según la Organización Mundial de la Salud una persona puede tolerar una concentración máxima de 500mg/L de carbonato de calcio como dureza.

Las aguas duras también afectan a las tuberías en los sistemas de abastecimiento mediante entubado, crea corrosión en los metales expuestos a este tipo de agua (DIGESA,2010).

Visto la problemática en la localidad de Nuevo Huancabamba, se decidió realizar la investigación, siguiendo las recomendaciones necesarias y teniendo en cuenta los criterios adecuados para obtener los mejores resultados posibles. Cuyo objetivo general fue: determinar si la dureza del agua de pozo que se consume a diario afecta la salud de los pobladores del caserío Nuevo Huancabamba; y los objetivos específicos: Determinar la dureza total del agua de pozo del Caserío Nuevo Huancabamba, Identificar la influencia sobre el incremento de los casos de litiasis urinaria causadas por el consumo de agua dura de los pobladores del Caserío Nuevo Huancabamba y proponer un método de tratamiento que se adecúe al área de influencia del proyecto. Para llevar a cabo esta investigación se tuvo

la hipótesis siguiente: El consumo de agua con alta dureza en el Caserío Nuevo Huancabamba, incrementa el riesgo de contraer enfermedades a las vías urinarias, lo que se logró comprobar de acuerdo a los resultados obtenidos y discusiones resultantes.

De la investigación realizada se logró identificar que el agua que consumen los pobladores del caserío de Nuevo Huancabamba es muy dura, por lo que no puede ser consumida sin un tratamiento previo, ya que supera los Límites Máximos Permisibles.

La presente tesis está desarrollada en tres capítulos, el Capítulo I, Revisión Bibliográfica; Capítulo II, Materiales y Métodos Utilizados para el desarrollo de la investigación; Capítulo III, Resultados y Discusiones, además de Conclusiones de la investigación, Recomendaciones a partir de los resultados obtenidos; Referencias Bibliográficas que sustentan las bases teóricas utilizadas en el desarrollo de la investigación y Anexos

CAPÍTULO I

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

1.1. Fundamentación de los antecedentes de la investigación

Se tienen antecedentes de nivel internacional y nacional respecto a estudios de la relación entre la dureza del agua y la litiasis renal, que a continuación se detalla:

Antecedentes a nivel internacional:

Neira (2006) concluye: Respecto a la dureza, se pueden establecer claramente zonas con agua dura (300 - 500 mg/L de CaCO_3) y muy dura (< 500 mg/L de CaCO_3), la cual puede ser altamente incrustante en las redes de distribución y afectar al ser humano.

Mora & Alfaro (2008) en su investigación concluye:

- En los cantones (parte alta del río) con concentraciones promedio de CaCO_3 superiores a 120 mg/L, se observa un incremento de 22.7% en los egresos por litiasis renal y de uréter, con respecto a los de valores inferiores. Sin embargo, dicha diferencia no es estadísticamente significativa.
- En el caso de los cálculos en vías urinarias inferiores los resultados indican que, entre los cantones con contenidos superiores a 120 mg/L de CaCO_3 con respecto a los grupos de cantones con contenidos inferiores, el incremento es de 129%. Dicha diferencia es estadísticamente significativa, lo que demuestra que las aguas duras son un factor de riesgo para la producción de cálculos en las vías urinarias.
- Los cantones (partes altas del río) que presentan ACH con niveles de CaCO_3 superiores a 120 mg/L son: Santa Cruz, Parrita, Corredores, Limón, Puntarenas, Abangares y Nicoya.
- La mayor ingesta de agua debido a la deshidratación causada por las altas temperaturas en los habitantes de los cantones costeros, unida al consumo de aguas con niveles superiores a 120 mg/L de CaCO_3 son factores de riesgo importantes en la producción de cálculos en las vías urinarias.

Antecedentes a nivel nacional:

Melitón & Rosado (2008) en su trabajo llegó a las siguientes conclusiones: El consumo prolongado de aguas que presentaban concentraciones > 120 mg/L de CaCO_3 presentan un factor de riesgo para el padecimiento de esta enfermedad, según estudio de Mora et al. (2002). Lo que concordó con nuestro estudio, que concentraciones ≥ 300 mg/L de CaCO_3 estuvieron asociadas a una alta prevalencia de litiasis. De 90 personas encuestadas en el Valle de Vítor y en La Cano, 23 dijeron haber sufrido la enfermedad; y de un total de 170 personas encuestados en La Joya-El Ramal, La Joya, San Camilo y San Isidro, sólo 26 sufrieron la enfermedad. La morbilidad por litiasis de cálculo al riñón y de uréter, es de 9%, 28% y 13% que corresponden a las irrigaciones de La Joya-La Cano, San Isidro-San Camilo y El Valle de Vítor respectivamente, siendo más alto en el segundo grupo, debido que no cuentan con ningún tipo de tratamiento de agua de consumo humano.

Antecedentes a nivel regional:

En la región San Martín no se tiene conocimiento que hayan hecho estudios de aguas con tendencia a su dureza, por lo que la investigación se encargará de generar datos. En la localidad de Nuevo Huancabamba no se ha hecho ningún esfuerzo por analizar este problema, ya que los pobladores no tienen conocimiento de las características físicas y químicas de esta fuente. Además, la poca presencia de las autoridades municipales y regionales hace que poco o nada se haga por solucionar este problema como uno social.

1.2. Fuentes teóricas de sustento a la investigación

1.2.1. La población del área de influencia del proyecto

Ubicación

La localidad de Nuevo Huancabamba se encuentra ubicada en la margen izquierda del Río Mayo, comprensión del centro poblado de Pueblo Libre y del distrito y provincia de Moyobamba, región San Martín. Tiene una población homogénea que actualmente asciende a los 1500 habitantes según las proyecciones del INEI y los registros de la Agencia Municipal del Caserío (INEI, 2015).

Las actividades primordiales en cuanto a economía a las que se dedica la población es la agricultura, resaltando como cultivo principal el café, le siguen el maíz y el plátano, y en pocas cantidades se siembra frejol. Aunque algunos, en un mínimo porcentaje se dedican a la crianza de ganado vacuno, porcino y aves de corral.

Es un caserío organizado, que cuenta con un Puesto de Salud, que pertenece a la Red de Salud de Moyobamba; también cuenta con una “Institución Educativa N° 00835 – Nuevo Huancabamba”, de la Educación Básica Regular, donde se dicta clases a niveles de Inicial, Primaria y Secundaria. Además, existen instituciones religiosas, Rondas Campesinas y Comité de Vaso de Leche (MPM, 2016).

Accesibilidad

Las vías de comunicación están articuladas hacia los diferentes caseríos y Centros Poblados. Existen dos vías de acceso hacia el caserío Nuevo Huancabamba desde la ciudad de Moyobamba:

- La primera y más común es la que cruza por la provincia de Rioja cruzando el río Mayo (Moyobamba – Nueva Cajamarca – Pueblo Libre – Nuevo Huancabamba). Inicia en el Paradero de Autos Cajamarca en Moyobamba, luego por la Carretera Fernando Belaunde Terry rumbo a Nueva Cajamarca, generalmente se viaja en automóvil por un periodo de 40 minutos, luego se tiene que viajar desde Nueva Cajamarca por carretera asfaltada hasta el distrito de Yuracyacu y luego por vía afirmada hasta Pueblo Libre en automóvil por un tiempo de 45 minutos. Desde Pueblo Libre se toma mototaxi rumbo a Nuevo Huancabamba y dura 15 minutos, cuya carretera también es afirmada. Sumando los pasajes se llega a un monto de S/. 15.00, cabe mencionar que para llegar a cada paradero se toma motocar que cobra S/. 2.00; sumando así un total de S/. 17.00 solo de ida y lo mismo de vuelta. El tiempo total empleado en llegar al lugar es de 100 minutos. Por lo tanto, el pasaje total es de S/. 34.00 en ida y vuelta (MPM, 2016).
- La segunda ruta, que es menos transitada es viajando sin salir de territorio de la provincia de Moyobamba (Moyobamba – Buenos Aires – Pueblo Libre – Nuevo Huancabamba). Al igual que la primera inicia en el paradero de autos hacia el Centro Poblado de Buenos Aires, cuyo pasaje cuesta S/. 8.00 por pasajero. La ruta se dirige por la carretera asfaltada hacia el distrito de Yantalo. Pasando este distrito la ruta continúa por carterera afirmada hacia Buenos Aires, cruzando el Río Mayo a través de un Puente Colgante en el Centro

Poblado Sapote, este tramo se demora 40 minutos. Ya en el Centro Poblado de Buenos Aires, se toma motocar hacia Pueblo Libre cuyo costo de pasaje es de S/. 5.00 por pasajero y el tiempo empleado es de 30 minutos. Y en Pueblo Libre nuevamente se toma motocar hacia Nuevo Huancabamba cuyo costo es de S/. 5.00 por un tiempo de 30 minutos. Para llegar al paradero de autos en Moyobamba cuesta S/. 2.00 en motocar. Sumando todos estos montos se llega a S/. 20.00 en pasaje de ida. El tiempo total por esta ruta es de 100 minutos aproximadamente si no existen contratiempos. Entonces el costo total por esta ruta es de S/. 40.00 en ida y vuelta (MPM, 2016).

Características demográficas

La población de la localidad de Nuevo Huancabamba, actualmente alcanza a 1502 pobladores al considerar una tasa de crecimiento de 2.27% anual, que corresponde a la tasa de crecimiento del distrito de Moyobamba a nivel de zona rural, como se muestra en el cuadro siguiente:

Tabla 1

Proyección de la población de referencia al año 2017

Centro Poblado	Población 2007	TC	2,008	2,009	2,010	2,011	2,012	2,013	2,014	2,015	2,016	2,017
Nuevo Huancabamba	1,200	2.27%	1227	1255	1284	1313	1343	1373	1404	1436	1469	1502

Fuente: INEI – Elaboración del Autor

Actividad productiva principal

Las actividades productivas principales de la población es la agricultura, dedicándose principalmente al cultivo de café, maíz, plátano y frejol, y en menores proporciones los productos de pan llevar, además se dedican a la crianza de aves de corral (INEI, 2015).

Vivienda

De la visita de campo se ha podido determinar que más del 90% de la población cuenta con viviendas o casas independientes, construidas en su gran mayoría con madera y cobertura de calamina (INEI, 2015).

Educación

En la localidad solo se cuenta con una institución educativa, que brinda los servicios de educación básica regular, la I.E. 00835, que brinda los servicios educativos en los niveles de inicial, primaria y secundaria (INEI, 2015).

Salud

En la localidad existe un puesto de salud de categoría I-4, que atiende casos de primeros auxilios y las enfermedades o casos más complicados son derivados al centro de salud Pueblo Libre ubicado a 15 minutos de la localidad. En caso de haber complicaciones con los pacientes, estos son derivados al Hospital de Moyobamba de categoría II-2, que atiende hasta el sexto nivel de complejidad.

Tabla 2

Población que cuentan con seguros de salud.

Seguros de salud	Nuevo Huancabamba	
	Casos	%
Solo está asegurado al SIS	110	32%
Está asegurado en ESSALUD	19	5%
No tiene ningún seguro	219	63%
Total	348	100%

Fuente: Censo INEI – 2007

Servicios Básicos

El acceso a los Servicios básicos hace posible tener una vivienda digna para la población, es otro indicador de las condiciones favorables en el bienestar social y por lo tanto en otro nivel relativo de desarrollo, el hecho que las coberturas en servicios de agua potable, alcantarillado y energía eléctrica se van incrementando a favor de una mayor población reduciendo así las disparidades sociales, sugieren un mejor nivel de desarrollo al reducir en este mismo sentido las enfermedades y mejorar la calidad de vida que finalmente significa acumulación del capital humano (INEI, 2015).

EL acceso a los servicios básicos, de la población de la localidad de Nuevo Huancabamba, se muestra en el siguiente cuadro:

Tabla 3*Servicios básicos de la población.*

Servicio	Descripción
Agua	La localidad no cuenta con el servicio de agua potable, sin embargo, se abastecen a través de 02 pozos de agua existentes en las partes bajas de la localidad.
Energía eléctrica	Existe el servicio y es brindado por la empresa Electro Oriente.
Desagüe	No existe el servicio, la población tiene como sistema de disposición final de excretas, los pozos sépticos de manera generalizada.

Fuente: Elaboración del autor, 2017

1.2.2. El agua

El agua es el constituyente más importante del organismo humano y del mundo en el que vivimos. Tiene una gran influencia en los procesos bioquímicos que ocurren en la naturaleza. Esta influencia no solo se debe a sus propiedades fisicoquímicas como molécula bipolar sino también a los constituyentes orgánicos e inorgánicos que se encuentran en ella (**Mora, 2016**).

Se considera que el agua es un solvente universal, debido a que es capaz de disolver o dispersar la mayoría de sustancias con las que tiene contacto, sean estas sólidas, líquidas o gaseosas, y de formar con ellas iones, complejos solubles e insolubles, coloides o simplemente partículas dispersas de diferente tamaño y peso.

Desde el punto de vista de la salud humana, el agua ayuda a eliminar las sustancias resultantes de los procesos bioquímicos que se desarrollan en el organismo humano, a través de los órganos excretores, en especial la orina y el sudor. Sin embargo, por esta misma propiedad, puede transportar una serie de tóxicos al organismo que pueden afectar a diferentes órganos, de manera reversible o irreversible (**Mora, 2016**).

1.2.3. El agua subterránea

Es aquella parte del agua existente bajo la superficie terrestre que puede ser colectada mediante perforaciones, túneles o galerías de drenaje o la que fluye naturalmente hacia la superficie a través de manantiales o filtraciones a los cursos fluviales.

En concreto, es aquella situada bajo el nivel freático y que está saturando completamente los poros y fisuras del terreno. Esta agua fluye a la superficie de forma natural a través de manantiales, áreas de rezume, cauces fluviales, o bien directamente al mar. Puede también dirigirse artificialmente a pozos, galerías y otros tipos de captaciones. Se renueva de modo constante por la Naturaleza, merced a la recarga.

Esta recarga procede principalmente de las precipitaciones, pero también puede producirse a partir de escorrentía superficial y cursos superficiales de agua (sobre todo en climas áridos), de acuíferos próximos o de retornos de ciertos usos (destacan los retornos de los regadíos) **(Mora, 2016).**

El agua subterránea se desplaza muy lentamente por los acuíferos. Su velocidad media normal puede variar entre unos pocos decímetros, a algunos centenares de metros al cabo del año; sólo en el caso de acuíferos kársticos y rocas muy fracturadas, pueden existir conductos preferentes, por los que el agua puede circular a velocidades similares a la de las corrientes superficiales. Así, una gota de agua que cayera en una divisoria hidrográfica situada a 200 km de la costa y se incorporara a la corriente de un río, tardaría pocos días en alcanzar el mar; sin embargo, si esa misma gota se desplazara a través del subsuelo (en un acuífero detrítico), tardaría siglos e incluso miles de años en llegar al mar **(Mora, 2016).**

Origen de las aguas subterráneas

El origen de las aguas subterráneas es uno de los problemas que más han preocupado al hombre desde los tiempos más remotos. La teoría de la infiltración, que supone que todas las aguas subterráneas provienen bien de infiltración directa en el terreno de las lluvias o nieves, o indirecta de ríos o lagos, no ha sido aceptada universalmente, sino desde tiempos relativamente recientes. Por un explicable error colectivo, que duró decenas de siglos, los pensadores de la antigüedad aceptaban como axiomático que las precipitaciones atmosféricas no eran suficientes para mantener los grandes caudales subterráneos que emergían espontáneamente o eran alumbrados por la mano del hombre en algunos puntos de la superficie terrestre. Y, lógicamente, se lanzaban a inventar las teorías más ingeniosas, variadas y pintorescas para explicar su origen **(Espinoza, 2004).**

No se conservan datos sobre el pensamiento de las civilizaciones orientales antiguas en relación con los orígenes de las aguas subterráneas. Sólo a partir de los antiguos griegos se conocen sus teorías al respecto. Es sorprendente la falta de experimentación que acompaña

a las teorías antiguas, algunas de ellas realmente inteligentes e imaginativas, pero que hubieran sido fácilmente abandonadas mediante alguna simple medición o experimentación directa (**Espinoza, 2004**).

Acuífero

Un acuífero es un volumen subterráneo de roca y arena que contiene agua. El agua subterránea que se halla almacenada en los acuíferos es una parte importante del ciclo hidrológico. Se han realizado estudios que permiten calcular que aproximadamente el 30 por ciento del caudal de superficie proviene de fuentes de agua subterránea.

Un acuífero es también una formación geológica que contiene el suficiente material permeable saturado como para recoger cantidades importantes de agua que serán captadas en forma natural –manantiales – o en forma artificial – drenajes.

Es una estructura geológica estratigráfica sedimentaria, cuyo volumen de poros está ocupado por agua en movimiento o estática, capaz de ceder agua en cantidades significativas ya sea por afloramiento en manantiales o por extracción mediante pozos (**Subgerencia Cultural del Banco de la República, 2015**).

Tipos de acuíferos

Acuíferos libres, no confinados o freáticos

Se definen como aquellos en los que el límite superior de la masa de agua forma una superficie real que está en contacto con el aire de la zona no saturada y, por lo tanto, a presión atmosférica. Cuando se perfora un pozo desde la superficie del terreno, el agua aparece en el pozo cuando se corta o alcanza el nivel freático (del griego phreatos = pozo), y se mantiene a esa profundidad. La recarga de este tipo de acuíferos se realiza principalmente por infiltración de la precipitación a través del suelo, o por infiltración de agua de ríos o lagos (**Espinoza, 2004**).

Acuíferos confinados, cautivos o a presión

Son aquellos cubiertos por una capa impermeable confinante. El nivel de agua en los acuíferos cautivos está por encima del techo de la formación acuífera. El agua que ceden procede de la expansión del agua y de la descompresión de la estructura permeable vertical, cuando se produce la depresión en el acuífero. También se les denomina acuíferos cautivos.

Son aquellos que, en su límite superior o techo, el agua está a una presión superior a la atmosférica. Se comportan así los materiales permeables que están cubiertos por una capa confinante mucho menos permeable (por ejemplo, una capa arenosa bajo otra arcillosa). Durante la perforación de los pozos en acuíferos de este tipo, al atravesar el techo de los mismos se observa un ascenso rápido del nivel del agua hasta estabilizarse en una determinada posición. A este fenómeno se le solía llamar artesianismo, aunque el vocablo va cayendo en desuso. El pozo será surgente cuando el nivel **piezométrico** esté situado a cota superior a la de la boca del pozo.

La recarga de un acuífero confinado procede principalmente de la lluvia que se infiltra directamente a través de la zona en la que aflora la formación acuífera, es decir, donde el acuífero se comporta como libre, o bien donde se puede considerar como semiconfinado y las condiciones sean favorables (Espinoza, 2004).

Acuíferos semiconfinados o semicautivos

Se pueden considerar un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que muro, techo o ambos no son totalmente impermeables, sino que permiten una circulación vertical del agua. Pueden considerarse como un caso particular de los acuíferos cautivos, en los que el muro, el techo o ambos, no son totalmente impermeables, sino que permiten la circulación vertical del agua. Este paso vertical de agua puede hacerse desde o hacia el acuitardo, e incluso variar con el tiempo, según sean los valores relativos de los niveles piezométricos (Espinoza, 2004).



Figura 1. Tipos de acuíferos según su comportamiento. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España, 2009)

Pozo

Un pozo es un agujero, excavación o túnel vertical que perfora la tierra, hasta una profundidad suficiente para alcanzar lo que se busca, sea una reserva de agua subterránea del nivel freático o fluidos como el petróleo. Generalmente de forma cilíndrica, se suele tomar la precaución de asegurar sus paredes con ladrillo, piedra, cemento o madera, para evitar su deterioro y derrumbe (**Instituto Geológico y Minero de España, 2009**).

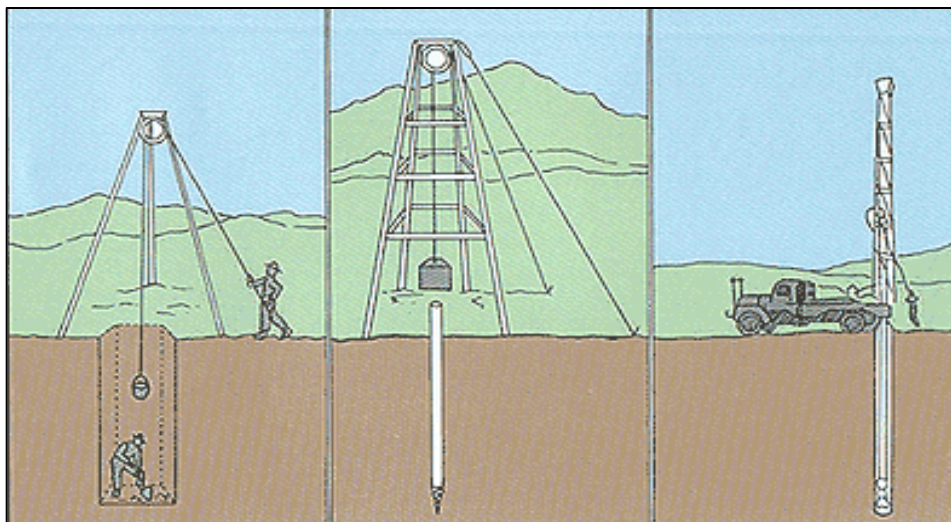


Figura 2. Construcción de un Pozo (excavación, propulsión, perforación). (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España, 2009)

Composición natural de las aguas subterráneas

La composición química natural de las aguas subterráneas es el resultado de los siguientes procesos: a) la evapo-concentración de las sales atmosféricas aportadas como aerosol marino, polvo y sales disueltas en el agua de lluvia; b) la interacción del agua con los minerales del suelo, ya sea hidrolizándolos o por cambio en el estado de oxidación-reducción; c) la incorporación de aguas salinas residuales (relictas) que aún no han sido lavadas (**Instituto Geológico y Minero de España, 2009**).

La composición natural de las aguas subterráneas puede verse modificada por causas naturales o por factores antrópicos. Entre las primeras figuran el clima, la temperatura, el tipo de terreno a través del cual se desplaza el agua subterránea, el tiempo de residencia del agua en el acuífero, y el aporte de gases reactivos, principalmente CO_2 y O_2 (**Instituto Geológico y Minero de España, 2009**).

Respecto a los factores antrópicos, la actividad humana puede afectar —a veces con cierta intensidad— a la composición química del agua que se infiltra y a la recarga, modificando la temperatura, introduciendo solutos (sales, nitratos, etc.) y sustancias diversas (hidrocarburos, plaguicidas, disolventes halogenados, etc.), tanto en el terreno como en el agua. Su presencia puede suponer una degradación importante de las características naturales **(Instituto Geológico y Minero de España, 2009)**.

Además, hay que sumar procesos modificadores como son la precipitación química, el intercambio iónico (principalmente catiónico) y las reacciones de reducción-oxidación. Estos procesos pueden ser intensos cuando el agua se ve desplazada por otra de composición química diferente (buenos ejemplos se encuentran en los acuíferos costeros, en la zona de mezcla entre el agua dulce continental y el agua salada marina), o cuando el terreno contiene materia orgánica **(Instituto Geológico y Minero de España, 2009)**.

La mayoría de las sustancias disueltas en el agua subterránea se encuentran en estado iónico. Algunos iones están presentes casi siempre y su suma representa casi la totalidad de los iones disueltos.

Estos iones mayoritarios son los cationes: calcio, magnesio, sodio y potasio; y los aniones: bicarbonato, sulfato y cloruro. Es frecuente que el anión nitrato se considere dentro del grupo de iones mayoritarios, aun cuando su concentración es pequeña si los efectos antrópicos son poco importantes. La presencia del ion carbonato está condicionada a un $\text{pH} > 8,3$, lo cual es poco frecuente.

A pH bajo, una parte importante del carbono inorgánico disuelto está como ácido carbónico (CO_3H_2) o CO_2 disuelto. Además, las aguas subterráneas suelen contener cantidades apreciables de ácido silícico no disociado, que se suele expresar como sílice disuelta.

El resto de iones y sustancias disueltas se encuentran por lo general en cantidades notablemente más pequeñas que las de los iones mayoritarios. Se llaman iones menores a aquellos que habitualmente no superan el 1% del contenido iónico total (concentraciones entre 0,0001 y 10 mg/L), y elementos traza a aquellos que, estando presentes, lo están en cantidades difícilmente medibles por medios analíticos usuales (concentraciones inferiores a 0,0001 mg/L) **(Instituto Geológico y Minero de España, 2009)**.

Características químicas

En este punto es necesario centrarse en la característica química evaluada, la dureza:

La dureza es la suma de los cationes polivalentes expresados como la cantidad equivalente de carbonato de calcio, de los cuales los más comunes son los de calcio (Ca) y los de magnesio (Mg).

Según una serie de estudios se ha logrado identificar que la dureza tiene efectos adversos sobre la salud, en lo económico se la asocia con el consumo de más jabón y detergente durante el lavado.

La dureza está relacionada con el pH y la alcalinidad; depende de ambos.

Un agua dura puede formar depósitos en las tuberías y hasta obstruirlas completamente. Esta característica física es nociva, particularmente en agua de alimentación de calderas, en las cuales la alta temperatura favorece la formación de sedimentos.

En términos generales, puede considerarse que un agua es blanda cuando tiene dureza menor de 100 mg/L; medianamente dura, cuando tiene de 100 a 200 mg/L; y dura, cuando tiene de 200 a 300 mg/L (en todos los casos, como CaCO_3).

Las normas de calidad no establecen un límite específico para la dureza en el agua para consumo humano, pero la Organización Mundial de la Salud (OMS) establece límites más recomendables.

Un sistema muy difundido para expresar las concentraciones de dureza (calcio y magnesio) en la ingeniería del agua, así como en la química del agua es el sistema de carbonato de calcio. En este método de expresión, la dureza del agua se expresa en miligramos equivalentes de carbonato de calcio por litro (**Henry & Heinke, 1999**).

1.2.4. El Agua dura

El común denominador de la mayoría de los problemas del agua es la dureza. Dureza es un término folklórico, enraizado en el pasado y cuyo origen deriva del uso doméstico del agua para lavar. Se encontró que algunas aguas resultaban duras al realizar el lavado de la ropa de casa. Se necesitaba más jabón para producir espuma. La capacidad de consumo de jabón es de importancia desde el punto de vista económico y por la dificultad de obtener condiciones apropiadas para una limpieza óptima. En efecto, esta relación entre dureza y espuma era tan fundamental que los químicos idearon una disolución jabonosa estándar, utilizada durante muchos años, para determinar la dureza del agua. Por ello tradicionalmente se definió la

dureza del agua según su capacidad de consumo de jabón. Desde el punto de vista químico, es el contenido de calcio y magnesio, así como algunos metales pesados, como el hierro y el manganeso **(Kemmer, 1978)**.

La dureza se expresa principalmente por la suma de los cationes metálicos divalentes, Ca^{+2} y Mg^{+2} debido a que éstos son los principales componentes de la dureza del agua.

El calcio normalmente se halla en el intervalo de 5-500 mg/L, como CaCO_3 (2-200 mg/L como Ca). Se presenta en muchos minerales, principalmente la caliza y el yeso. Con frecuencia es necesario reducir el calcio al tratar el agua de alimentación de torres de refrigeración. A menudo se requiere una eliminación completa en muchas operaciones industriales, particularmente en el agua de alimentación de calderas, operaciones de acabados textiles y en la limpieza y lavado en operaciones de acabado de metales **(Kiely, 1999)**.

La dureza magnésica de agua es normalmente un tercio del total; las dos terceras partes que quedan corresponden a la dureza cálcica. El intervalo de magnesio típico oscila entre 10 y los 50 mg/L (alrededor de 40-200 mg/L como CaCO_3). El magnesio es un componente importante de muchos minerales, incluyendo la dolomita, magnesita y numerosas variedades de arcilla. Éste se debe eliminar conjuntamente con el calcio, cuando se necesita agua ablandada para alimentación de calderas u otros diversos procesos **(Kemmer, 1978)**.

La dureza la adquiere el agua a su paso a través de las formaciones de roca que contienen los elementos que la producen. El poder solvente lo adquiere el agua, debido a las condiciones ácidas que se desarrollan a su paso por la capa de suelo, donde la acción de las bacterias genera CO_2 , el cual existe en equilibrio con el ácido carbónico. En estas condiciones de pH bajo el agua ataca las rocas, particularmente a la calcita (CaCO_3), entrando los compuestos en solución. Cuando la dureza es numéricamente mayor que la suma de las alcalinidades de carbonatos y bicarbonatos, la cantidad de dureza que es su equivalente a esta suma se le llama dureza carbonatada, también llamada temporal, ya que, al elevarse la temperatura del agua hasta el punto de ebullición, el calcio y el magnesio se precipitan en forma de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio respectivamente. La cantidad de dureza en exceso de la carbonatada se le llama dureza de no carbonatos y se distingue como permanente, es decir, no puede eliminarse por agitación térmica, sino que

son necesarios procesos químicos para eliminarla del agua. Entre estos procesos se pueden mencionar el ablandamiento con cal, cal – soda e intercambiadores iónicos como ciertas resinas (Henry & Heinke, 1999).

Tipos de dureza

De acuerdo a Kiely (1999), Henry y Heinke (1999), la dureza ésta constituida de:

Dureza Temporal

La dureza que se debe a los bicarbonatos y carbonatos de calcio y magnesio se denomina dureza temporal y puede eliminarse por ebullición, que al mismo tiempo esteriliza el agua.

Otra forma de explicarlo, cuando la dureza es numéricamente mayor que la suma de las alcalinidades de carbonatos y bicarbonatos, la cantidad de dureza que es su equivalente a esta suma se le llama dureza carbonatada, también llamada temporal, ya que, al elevarse la temperatura del agua hasta el punto de ebullición, el calcio y el magnesio se precipitan en forma de carbonato de calcio e hidróxido de magnesio respectivamente.

La dureza temporal también puede ser eliminada por la adición del hidróxido de calcio (Ca(OH)₂).



El carbonato de calcio, es menos soluble en agua caliente que en agua fría, así que al hervir (que contribuye a la formación de carbonato) se precipitará el bicarbonato de calcio fuera de la solución, dejando el agua menos dura.

Los carbonatos pueden precipitar cuando la concentración de ácido carbónico disminuye, con lo que la dureza temporal disminuye, y si el ácido carbónico aumenta puede aumentar la solubilidad de fuentes de carbonatos, como piedras calizas, con lo que la dureza temporal aumenta. Todo esto está en relación con el pH de equilibrio de la calcita y con la alcalinidad de los carbonatos. Este proceso de disolución y precipitación es el que provoca las formaciones de estalagmitas y estalactitas.

Dureza Permanente

La dureza residual se conoce como dureza no carbónica o permanente. La dureza permanente no puede ser eliminada al hervir el agua, es usualmente causada por la presencia del sulfato

de calcio y magnesio y/o cloruros en el agua, que son más solubles mientras sube la temperatura hasta cierto valor, luego la solubilidad disminuye conforme aumenta la temperatura. Puede ser eliminada utilizando el método SODA (hidróxido de sodio).

Otra explicación es que la cantidad de dureza en exceso de la carbonatada se le llama dureza de no carbonatos y se distingue como permanente, es decir, no puede eliminarse por agitación térmica, sino que son necesarios procesos químicos para eliminarla del agua.

Las aguas que poseen esta dureza pueden ablandarse añadiendo carbonato de sodio y cal, o filtrándolas a través de zeolitas naturales o artificiales que absorben los iones metálicos que producen la dureza, y liberan iones sodio en el agua. Los detergentes contienen ciertos agentes separadores que inactivan las sustancias causantes de la dureza del agua.

Tratamiento del Agua dura

Ablandamiento del agua por el método de Cal – Soda

El carbonato de calcio es el compuesto (de constitución química más sencilla) de Ca más insoluble.

Solubilidad de CaCO_3 en agua a 20°C 0,01g/L

El hidróxido de magnesio es el menos soluble de los compuestos de magnesio.

Solubilidad de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en agua a 20°C 0,009 g/L

El método de la cal-soda se basa en la obtención de compuesto insolubles de Ca y Mg en el uso consecutivo de cal (hidróxido de calcio) y soda (carbonato de sodio).

Eliminación de la Dureza debida a iones calcio

El hidrógenocarbonato de calcio –dureza temporaria– puede ser convertido en carbonato tratado con un hidróxido. El hidróxido más barato es el de calcio (cal apagada) de modo que se utiliza en esta etapa.



La dureza permanente debido a cloruros, nitratos, etc. Se elimina tratando con carbonato de sodio (soda)



Eliminación de la Dureza debida al magnesio

Siendo el $\text{Mg}(\text{OH})_2$ el más insoluble de los compuestos sencillos de magnesio, se eliminan ambas durezas (temporaria y permanente de magnesio) con cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Dureza temporaria:



Dureza permanente



Como se puede observar al eliminarse la dureza permanente de Mg se crea dureza permanente de Ca, que se podrá eliminar fácilmente con cal ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

Parámetros de calidad del agua por dureza

Mientras que dentro de las propiedades químicas que tiene un amplio uso en la relación a la calidad del agua, sea agua potable, agua residual o agua de río se encuentra la dureza. La dureza es un parámetro del agua usada en el agua potable (no agua residual) (**Kiely, G. 1999**).

La Tabla siguiente muestra un listado cualitativo de las aguas ordenadas por la dureza, con base en las concentraciones de CaCO_3 , que determina la dureza del agua según el Ministerio de Salud del Perú.

Tabla 4

Dureza del agua según la concentración de CaCO_3

Grado de dureza	mg/L como CaCO_3
Blanda	0 – 75
Moderadamente dura	75 – 150
Dura	150 – 300
Muy dura	> 300

Fuente: Ministerio de Salud (2009)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), la clasificación de la dureza del agua es establecida de acuerdo a la siguiente tabla:

Tabla 5*Tipo de agua según la concentración de CaCO_3*

Tipo	Concentración de CaCO_3 (mg/L)
Blanda	0 – 60
Moderadamente dura	61 – 120
Dura	121 – 180
Muy dura	> 180

Fuente: Organización Mundial de la Salud (2008)

Marco Legal nacional de la dureza del agua**DS N° 031-2010-SA – Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano**

Artículo 64°.- Parámetros adicionales de control obligatorio (PACO):

Parámetros organolépticos:

Sólidos totales disueltos, amoníaco, cloruros, sulfatos, **dureza total**, hierro, manganeso, aluminio, cobre, sodio y zinc, conductividad.

Tabla 6*Tipo de agua según la concentración de CaCO_3*

LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES DE PARÁMETROS DE CALIDAD ORGANOLÉPTICA		
Parámetros	Unidad de medida	Límite máximo permisible
10. Dureza total	mg CaCO_3 L ⁻¹	500

Fuente: DS N° 031-2010-SA

Consecuencias del consumo de agua dura

El agua dura es aceptable para consumo humano (Henry & Heinke, 1999).

A nivel internacional existen algunos trabajos que reportan efectos negativos en la salud humana relacionados con el consumo de aguas duras.

La formación de cálculos en las vías urinarias es una enfermedad que puede causar dolor, hemorragia, obstrucción del flujo de la orina o una infección. Tiene muchas causas que contemplan elementos anatómicos, infecciones y ambientales como la ingesta constante de aguas duras o con exceso de sales de calcio como el carbonato de calcio (CaCO_3). De acuerdo con la “Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas relacionados con la Salud”, la litiasis urinaria se divide en “cálculos al riñón y de uréter” y “cálculos de las vías urinarias inferiores”, “cálculo de las vías urinarias inferiores en enfermedades clasificadas en otras partes” y “cólico renal no especificado”.

Existe una relación entre los cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica, por lo tanto, el consumo prolongado de aguas que presentan concentraciones mayores de 120 mg/L de CaCO_3 representa un factor de riesgo para el padecimiento de este tipo de enfermedad (**Mora & Alfaro, 2000**).

La litiasis incrementa al parecer con la edad tanto en hombres y mujeres (**Medina et. al. 2002**).

El consumo de agua con exceso de dureza, tiende a incrementar los efectos sobre la litiasis renal, éstos se relacionan mayormente con personas que consumen agua con dureza muy dura, es decir mayor a 300 mg CaCO_3 /L (León, 2008).

1.2.5. Litiasis renal

La litiasis renal, también denominada urolitiasis o nefrolitiasis, es una enfermedad causada por la presencia de cálculos o piedras en el interior de los riñones o de las vías urinarias (uréteres o vejiga).

Los cálculos renales se componen de sustancias normales de la orina, pero, por diferentes razones, se han concentrado y solidificado en fragmentos de mayor o menor tamaño (**Medina et. al. 2002**).

Causas:

Según el lugar donde se forma un cálculo (el riñón o la vejiga) se puede denominar cálculo renal o cálculo vesical, respectivamente.

Causas: Se pueden formar cálculos renales si **la orina está saturada** de sales que pueden producirlos, o bien, porque la orina carece de los inhibidores naturales de este proceso. Esto puede tener relación con otros factores:

Una disminución del volumen urinario.

Un incremento en la excreción urinaria de sustancias químicas que impiden la disolución de las sales que contiene la orina.

Síntomas:

Las formas de presentación clínica en la litiasis renal son variables dependiendo del tamaño, composición y de la situación de los cálculos en el aparato urinario. Algunos pueden pasar desapercibidos (**Medina et. al. 2002**).

Cólico nefrítico: Dolor en la zona lumbar o espalda baja que se irradia hacia el abdomen anterior y hacia los genitales; se produce por el taponamiento de la salida de la orina del riñón y a veces provoca un dolor muy intenso.

Es un dolor intermitente que se asocia a náuseas, vómitos, sudoración y sensación de hinchazón abdominal. No suele provocar fiebre.

Hematuria: Se produce por las lesiones que provoca el cálculo en su paso por la vía urinaria.

Infecciones de orina: Los cálculos renales pueden ser causa o consecuencia de infecciones frecuentes de la orina o **cistitis** (**Medina et. al. 2002**).

Prevención:

Una de las formas de prevención de esta afección es la corrección de los eventuales excesos de aporte de **calcio**, fosfato, oxalato y purinas.

Además, varias medidas dietéticas generales pueden permitir un mejor control de la enfermedad, como el incremento en la ingesta de líquidos, preferentemente agua (la primera y más simple de las medidas para prevenir la patología).

Es esencial seguir una dieta baja en calorías, con poca sal, limitando las proteínas animales, los azúcares y el alcohol. Tampoco son recomendables alimentos como el cacao, el café, el té, los frutos secos, etcétera (**Medina et. al. 2002**).

Tipos de cálculos renales:

Hay diferentes tipos de cálculos renales en función de la composición de las sustancias que los originan. Estos son los más comunes:

Cálculos renales formados por **oxalato de calcio**: Son los más frecuentes. Están constituidos de **calcio** y un ácido orgánico.

Cálculos renales compuestos por **fosfato cálcico**, que es un tipo de sal que combina **calcio y fósforo**.

Cálculos renales de ácido úrico, un compuesto formado cuando el organismo descompone sustancias denominadas purinas. Éstas se encuentran en algunos alimentos y bebidas.

Cálculos renales derivados de la rotura de proteínas: Más comunes en la infancia.

1.3. Definición de Términos

Según (OPS/CEPIS/PUB/04.109)

Ablandamiento: Ablandamiento es el término que se aplica a los procesos que eliminan o reducen la dureza del agua.

Anión: Ion que tiene carga negativa y procede de un elemento negativo.

Calidad del agua: se define como la caracterización general de agua de acuerdo al uso que se le va dar. Generalmente se realiza la caracterización de acuerdo a parámetros de calidad de las aguas preestablecidos por instituciones encargadas.

Catión: Ion que tiene carga positiva y procede de un elemento electropositivo.

Dureza del agua: La dureza en el agua es causada principalmente por la presencia en exceso de iones de calcio y magnesio. El agua dura (por contraposición al agua blanda) es aquella que posee una dureza superior a 120 mg CaCO_3 .

Ion calcio, Ca^{+2} : Sales de Calcio, de moderadamente solubles a muy solubles. Es muy fácil de precipitar como CaCO_3 .

Ion magnesio, Mg^{+2} : Sal de magnesio difícil de precipitar, es químicamente muy activo, desplaza al hidrógeno del agua en ebullición y un gran número de metales se puede preparar por reducción térmica de sus sales y óxidos con magnesio. Se combina con la mayor parte de los no metales y prácticamente con todos los ácidos.

Ión: es una partícula cargada eléctricamente constituida por un átomo o molécula que no es eléctricamente neutra.

Litiasis: enfermedad urinaria producida por el consumo de agua con elevado contenido en dureza (Ca^{+2} y Mg^{+2}).

Sal: compuesto químico formado por cationes (iones con carga positiva) enlazados a aniones (iones con carga negativa). Son el producto típico de una reacción química entre una base y un ácido, la base proporciona el catión y el ácido el anión.

CAPÍTULO II

MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Materiales

Fichas de encuestas

Frascos de recolección

Lapiceros

Cámara

EPP

Gorro

Ropa de campo

Guantes

USB

Botas

2.2. Métodos

Identificación de la población y muestra:

Población:

Agua: volumen total del agua presente en 02 pozos de agua (uno de 10 000 L y uno de 20 000 L) del caserío de Nuevo Huancabamba.

Personas: 653 pobladores del caserío Nuevo Huancabamba.

Muestra:

Agua: 1 litro de agua de cada pozo de agua del Caserío Nuevo Huancabamba.

Personas: 50 personas del caserío Nuevo Huancabamba.

Se utilizaron técnicas analíticas, para lo cual se realizaron análisis químicos de la fuente de agua.

La metodología fue la siguiente:

Se hizo encuestas al azar a 50 pobladores del caserío Nuevo Huancabamba que consume el agua del pozo y que viven varios años en la localidad, para identificar algunas enfermedades urinarias relacionadas con el consumo excesivo de agua dura y se comparó con otros estudios realizados en el país.

Se hizo dos (02) análisis químicos del agua para saber identificar sus concentraciones en iones de Ca^{+2} y Mg^{+2} como principales causantes de la dureza.

En los análisis de dureza se tuvo en cuenta los siguientes parámetros: Concentración de Ca^{+2} (mg/L), Mg^{+2} (mg/L) y Dureza total (mg/L CaCO_3).

Además, se tuvo en cuenta los casos de cálculos a los riñones, casos de cálculos a la vejiga, casos de cálculos a la uretra, de acuerdo a los resultados obtenidos en la encuesta realizada. Los parámetros fueron medidos una vez cada 01 mes, durante 02 meses, tomando una muestra en época de lluvia, otra en época de verano; cada muestra se hizo usando un volumen de 1 litro de agua.

Para el procesamiento de la información se hizo uso de gráficos y cuadros comparativos y los programas informáticos de Microsoft Office.

La comparación de resultados obtenidos en laboratorio, se hizo con los Límites Máximos Permisibles para calidad de agua, según el DS N° 031-2010-SA – Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano, en su Artículo 64° Parámetros Adicionales de Control Obligatorio (PACO), y las Guías para la Calidad del Agua Potable de la Organización Mundial de la Salud – 2006, que establece los límites máximos de contenido de dureza para considerarse un agua blanda, moderadamente dura, dura y muy dura.

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Determinación la dureza total del agua de pozo del Caserío Nuevo Huancabamba.

El análisis químico de las muestras recolectadas arrojó los siguientes resultados:

Muestras de agua subterránea (pozo) caserío Nuevo Huancabamba:

Muestra N° 01:

- ✓ Calcio (Ca^{++}) : 280,00 mg/L
- ✓ Magnesio (Mg^{++}) : 127,00 mg/L

Para el caso del Calcio (Ca^{++}), se tiene:

$$\frac{280 \times 10^{-3} \text{ gr } \text{Ca}^{+2}}{\text{Lt}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Ca}^{+2}}{40 \text{ gr } \text{Ca}^{+2}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{Ca}^{+2}} \times \frac{10^5 \text{ mg } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}$$
$$= 700 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

Para el caso del Magnesio (Mg^{++}), se tiene:

$$\frac{127 \times 10^{-3} \text{ gr } \text{Mg}^{+2}}{\text{Lt}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Mg}^{+2}}{24,3 \text{ gr } \text{Mg}^{+2}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{Mg}^{+2}} \times \frac{10^5 \text{ mg } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}$$
$$= 522,63 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

Por lo tanto, la muestra presenta una concentración total de dureza de 1 222.63 mg/L CaCO_3 .

Muestra N° 02:

- ✓ Calcio (Ca^{++}) : 230,00 mg/L
- ✓ Magnesio (Mg^{++}) : 167,00 mg/L

Para el caso del Calcio (Ca^{++}), se tiene:

$$\frac{230 \times 10^{-3} \text{ gr } \text{Ca}^{+2}}{\text{Lt}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Ca}^{+2}}{40 \text{ gr } \text{Ca}^{+2}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{Ca}^{+2}} \times \frac{10^5 \text{ mg } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}$$

$$= 575,00 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

Para el caso del Magnesio (Mg^{++}), se tiene:

$$\frac{167 \times 10^{-3} \text{ gr } \text{Mg}^{+2}}{\text{Lt}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{Mg}^{+2}}{24.3 \text{ gr } \text{Mg}^{+2}} \times \frac{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{Mg}^{+2}} \times \frac{10^5 \text{ mg } \text{CaCO}_3}{1 \text{ mol } \text{CaCO}_3}$$

$$= 687,24 \frac{\text{mg}}{\text{L}} \text{CaCO}_3$$

Por lo tanto, la muestra presenta una concentración total de dureza de 1 262,24 mg/L CaCO_3 .

Tabla 7

Determinación de la dureza total

Mes	Calcio	Magnesio	Dureza
Primer mes	280	127	1 222,63
Segundo mes	230	167	1 262,24

Fuente: elaboración del autor (2017)

Cuyos resultados están establecidos de la dureza en magnesio y calcio varían desde 522 hasta 700 mg/L donde el valor más alto está representado para el calcio, y menores valores para el magnesio, finalmente el valor entre ambos elementos es 1 222,63 mg/L para el primer mes y para el segundo mes es 1 262,24 mg/L.

3.2. Determinación de la influencia sobre el incremento de los casos de litiasis urinaria causadas por el consumo de agua dura de los pobladores del Caserío Nuevo Huancabamba.

Para cumplir este objetivo se realizó las encuestas a la población, obteniendo diversos resultados.

Del grupo de encuestados se obtuvo que un gran porcentaje de la población objetivo tuvo enfermedades relacionadas con el consumo de agua dura. A continuación, se muestra los resultados obtenidos de las encuestas reflejadas en tablas y figuras:

Tabla 8

Edad promedio de la población

Edad promedio de los pobladores			
Edad	Sexo		Cantidad
	Hombres	Mujeres	
0 - 5 años	35	25	60
6 - 10 años	28	20	48
11 - 15 años	19	16	35
16 - 20 años	30	25	55
21 - 30 años	23	12	35
31 - 40 años	89	81	170
Más de 40 años	135	115	250
Total			653

Fuente: elaboración del autor (2017)

En la **Tabla 8**, se muestra la edad de la población que habitan en la localidad del área de influencia, ya que la edad es un factor importante que determinará cualquier tipo de estudio o investigación a realizarse.

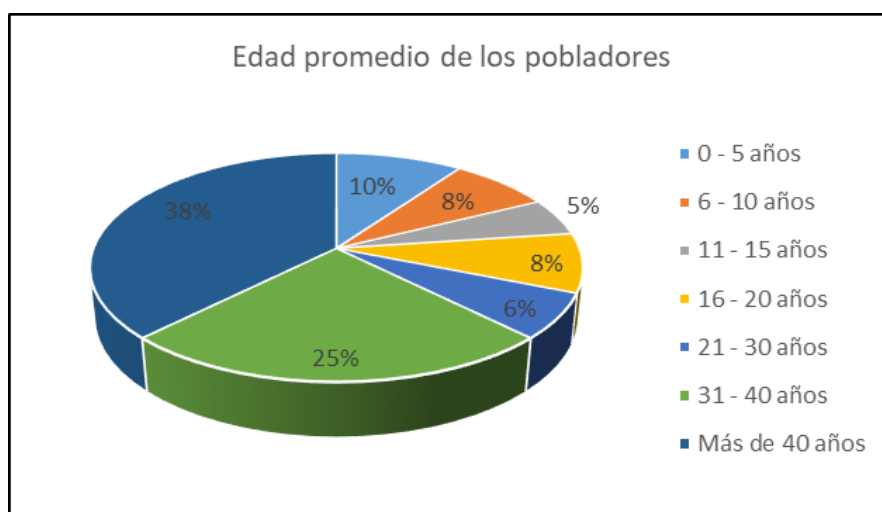


Figura 3. Edad promedio de los pobladores. (Fuente: elaboración del autor - 2017)

En la **Figura 3** se tiene la distribución de edades de los pobladores localizados en la zona de influencia, expresados en porcentajes (%), para su mejor comprensión para los lectores de la siguiente investigación.

Tabla 9

Tiempo que habitan en el centro poblado

Tiempo que habitan en el centro poblado	
Tiempo	Cantidad
0 - 5 años	98
5 - 10 años	143
10 -15 años	225
Más de 15 años	187
Total	653

Fuente: elaboración del autor (2017)

En la **Tabla 9** se muestra el tiempo que habita cada poblador en la zona de influencia, ya que es un factor importante para esta investigación, porque de ello depende el periodo de consumo del agua y las posibles afecciones a la salud, especialmente a las vías urinarias.

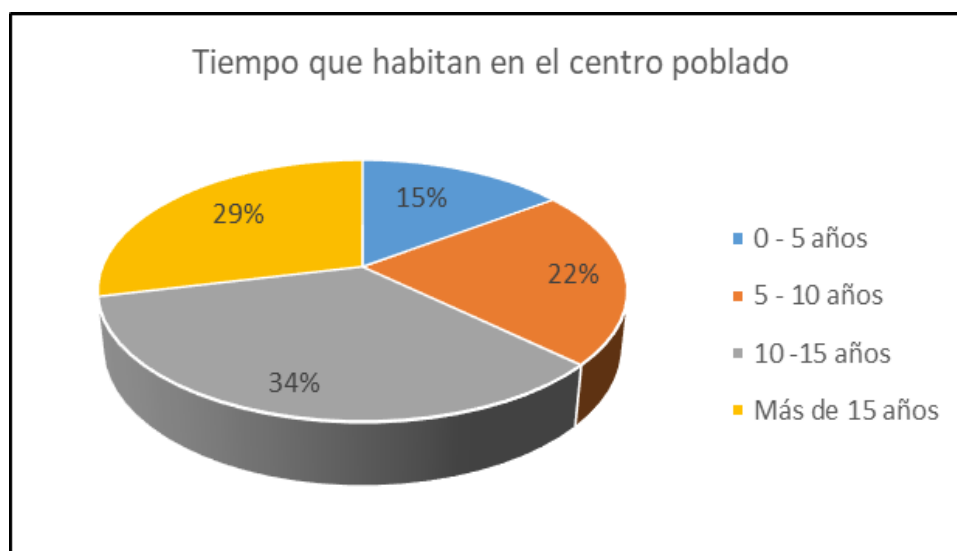


Figura 4. Tiempo que habitan en el centro poblado. (Fuente: elaboración del autor - 2017)

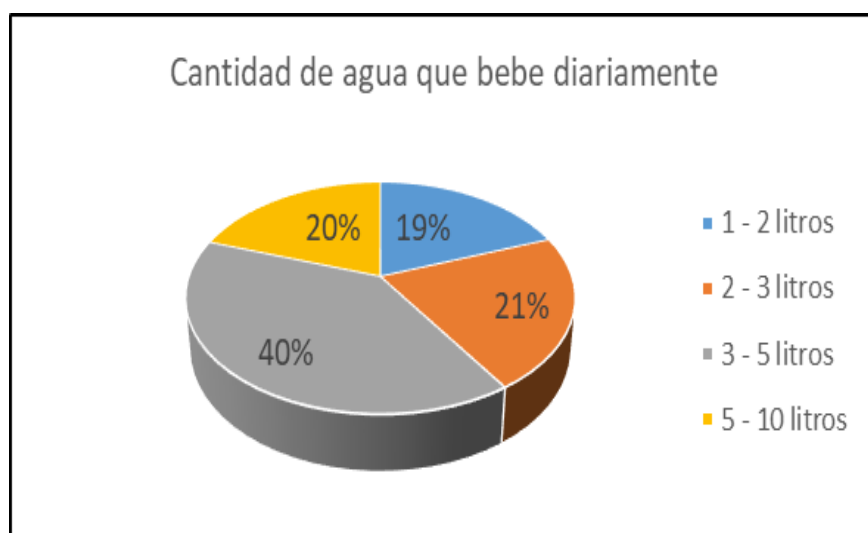
En la **Figura 4** se muestran los porcentajes (%) de la población que habitan en el área de influencia determinado por periodos de 05 años, para su mejor comprensión para los lectores de la siguiente investigación.

Tabla 10*Cantidad de agua que bebe diariamente*

Cantidad de agua que bebe diariamente	
Cantidad	Cantidad
1 - 2 litros	126
2 - 3 litros	140
3 - 5 litros	258
5 - 10 litros	129
Total	653

Fuente: Elaboración del autor (2017)

La **Tabla 10** especifica la cantidad aproximada de consumo de agua a diario por parte de la población del área de influencia, es decir que beben directamente sin ningún tipo de tratamiento previo, ya que de ello depende también la cantidad de contaminantes o agentes físico químicos que están consumiendo.

**Figura 5.** Cantidad de agua que consume diariamente. (Fuente: Elaboración del autor - 2017)

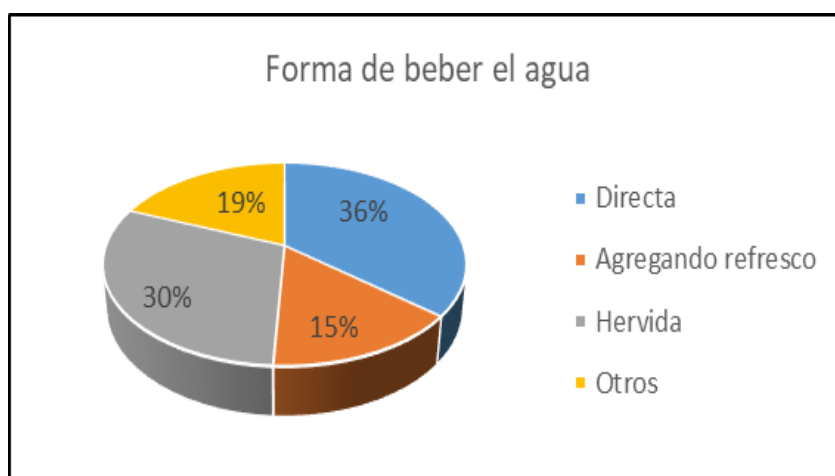
En la **Figura 5** se muestran los porcentajes (%) de la población que beben el agua directamente sin ningún tratamiento previo, por lo que es un factor importante que se tuvo en cuenta para la investigación.

Tabla 11*Forma de beber el agua*

Forma de beber el agua	
Forma	Cantidad
Directa	235
Agregando refresco	97
Hervida	198
Otros	123
Total	653

Fuente: Elaboración del autor (2017)

La **Tabla 11**, muestra los diferentes tipos de beber el agua por parte de los pobladores del área de influencia, lo que marca también el tipo de contaminación que ésta genera, ya que puede aumentar o reducir su contaminación de acuerdo a la forma de consumirlo.

**Figura 6.** Forma de beber el agua. (Fuente: Elaboración del autor - 2017)

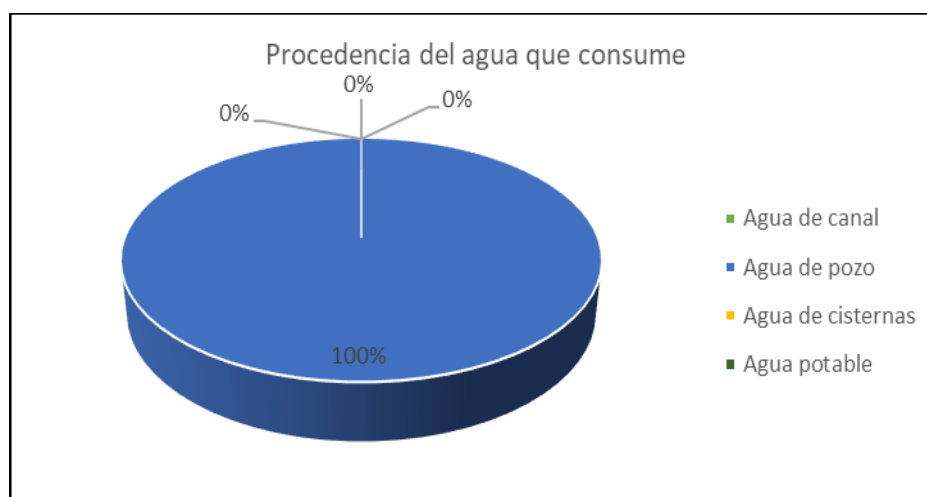
En la **Figura 6** se muestran los porcentajes (%) de la población que beben el agua de una forma directa, agregando refresco, hervida o mediante otra forma, lo que fue un factor importante a tener en cuenta para la investigación.

Tabla 12*Procedencia del agua que consume*

Procedencia del agua que consume	
Procedencia	Cantidad
Agua de canal	0
Agua de pozo	653
Agua de cisternas	0
Agua potable	0
Total	653

Fuente: Elaboración del autor (2017)

La **Tabla 12**, nos muestra la procedencia principal del agua que consume la población ya sea directamente o a través de los usos respectivos, que principalmente es del pozo o agua subterránea. Este factor es determinante, ya que al ser agua subterránea está expuesto a contaminación generalmente química, debido a su recorrido del agua por el subsuelo hasta poder ser explotado.

**Figura 7.** Procedencia del agua que consume. (Fuente: Elaboración del autor - 2017)

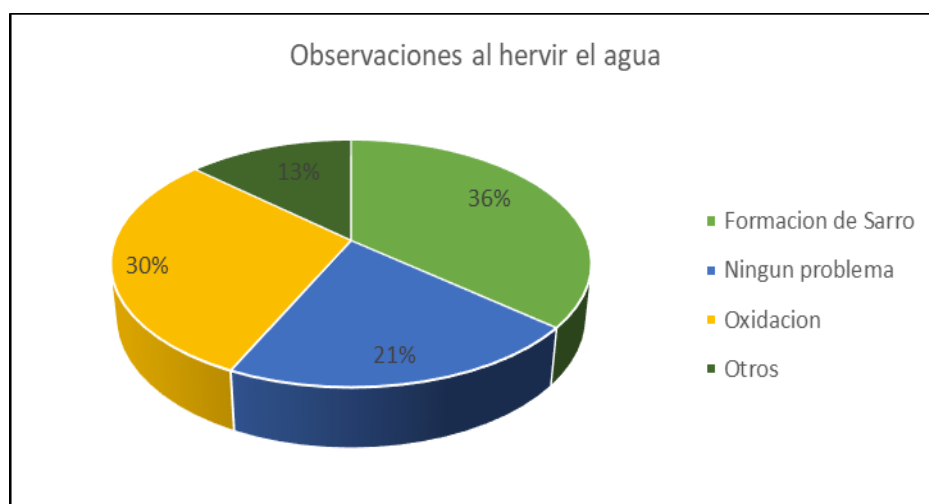
En la **Figura 7**, se muestran los porcentajes (%) de la población que usan o consumen el agua que proviene principalmente del pozo o agua subterránea, lo que se tuvo en cuenta como un factor importante.

Tabla 13*Observaciones al hervir el agua*

Observaciones al hervir el agua	
Característica	Cantidad
Formación de sarro	236
Ningún problema	136
Oxidación	194
Otros	87
Total	653

Fuente: Elaboración del autor (2017)

La **Tabla 13**, muestra el comportamiento del agua observado por parte de los consumidores asentados en el área de influencia al darle diferentes tipos de usos, que en este punto se analiza principalmente al ser hervida, ya que puede formar algún tipo de sarro, oxidación de los materiales de cocina utilizados o los envases, o en algunos casos puede que no se observe ninguno de estos comportamientos.

**Figura 8.** Observaciones al hervir el agua. (Fuente: Elaboración del autor - 2017)

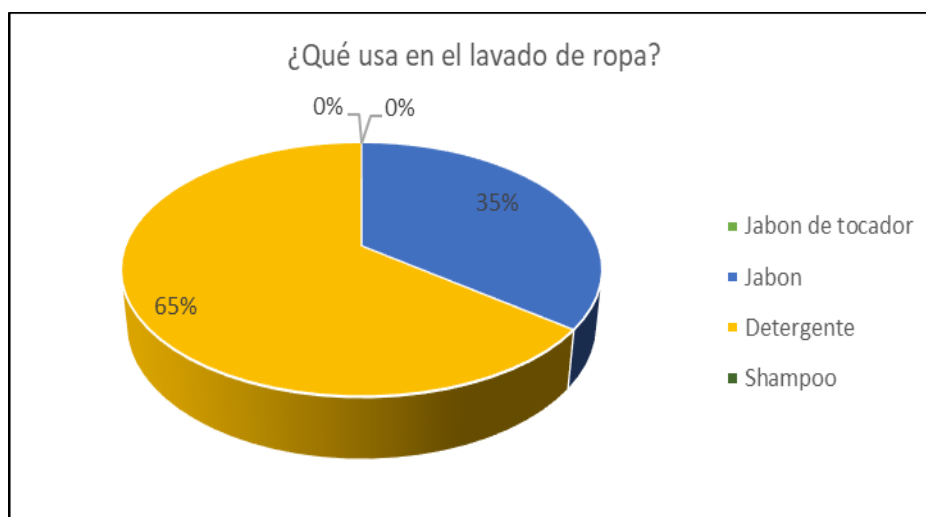
La **Figura 08**, se observa los porcentajes (%) de los casos en los que se ha observado algún tipo de comportamiento poco común al ser hervida el agua proveniente del pozo en estudio, que en el mayor porcentaje se observó la oxidación de los materiales o envases que se utilizan a diario.

Tabla 14*¿Qué usa en el lavado de ropa?*

¿Qué usa en el lavado de ropa?	
Tipo	Cantidad
Jabón de tocador	0
Jabón	231
Detergente	422
Shampoo	0
Total	653

Fuente: Elaboración del autor (2017)

La **Tabla 14** especifica el tipo de detergente o material que se utiliza para lavar la ropa por parte de los pobladores asentados en el área de influencia, que principalmente usan detergente en polvo, esto debido al comportamiento extraño del agua que tiende a cortar la espuma y causar molestias y gastos excesivos en jabones y hasta los mismos detergentes.

**Figura 9.** Que usa en el lavado de ropa. (Fuente: Elaboración del autor - 2017)

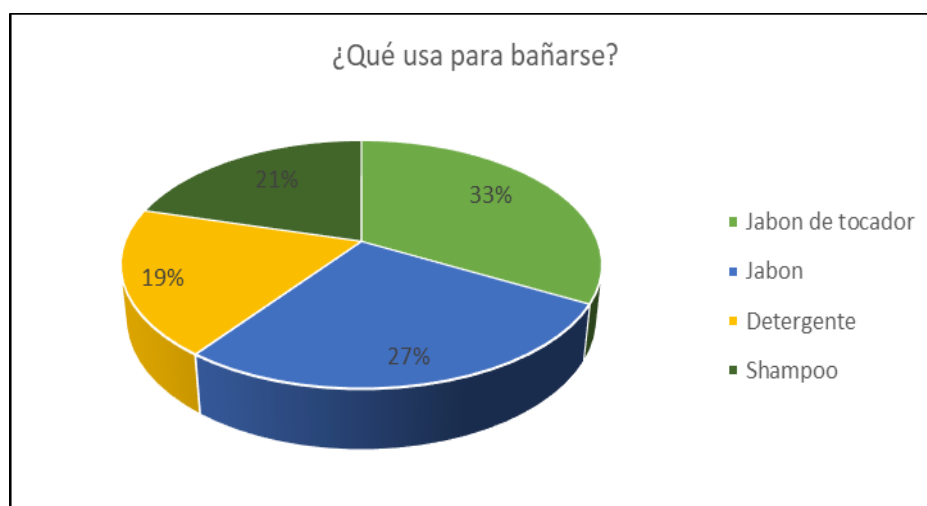
La **Figura 9** muestra el porcentaje (%) de los usuarios del agua de pozo, que principalmente usan detergente en polvos, para poder lavar la ropa, ya que los jabones no forman espuma al usar este tipo de agua.

Tabla 15*¿Qué usa para bañarse?*

¿Qué usa para bañarse?	
Tipo	Cantidad
Jabón de tocador	215
Jabón	178
Detergente	125
Shampoo	135
Total	653

Fuente: Elaboración del autor (2017)

La **Tabla 15** muestra el tipo de producto que utilizan los pobladores del área de influencia para abañarse, que generalmente es jabón de tocador, shampoo, jabón en barra y detergente. Para cada producto, el comportamiento del agua a través del uso será distinto, ya que cada uno de estos tiene una composición distinta en su conformación o fabricación.

**Figura 10.** ¿Qué usa para bañarse?. (Fuente: Elaboración del autor - 2017)

La **Figura 10**, indica el porcentaje de usuarios que usan cada tipo de producto para el aseo personal (bañarse), que en su mayoría usan jabón, debido al comportamiento del agua en el uso diario.

Tabla 16*Problemas notados en la preparación de menestras*

Problemas notados en la preparación de menestras	
Problema	Cantidad
No hay cocción (crudo)	204
Cocción a medias	212
Cocción normal	125
Otros	112
Total	653

Fuente: elaboración del autor (2017)

La **Tabla 16** muestra los principales problemas que se podrían presentar en la preparación de menestras como un indicador biológico del tipo de agua que se utiliza. Dentro de los posibles problemas se están la no cocción, cocción a medias, cocción normal o algún otro comportamiento fuera de lo común en la preparación de dichos consumibles diarios.

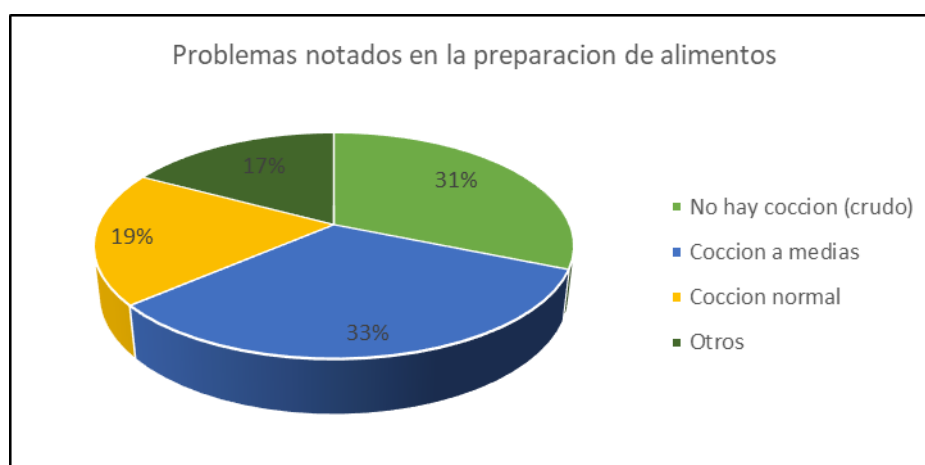


Figura 11. Problemas notados en la preparación de menestras. (Fuente: elaboración del autor -2017)

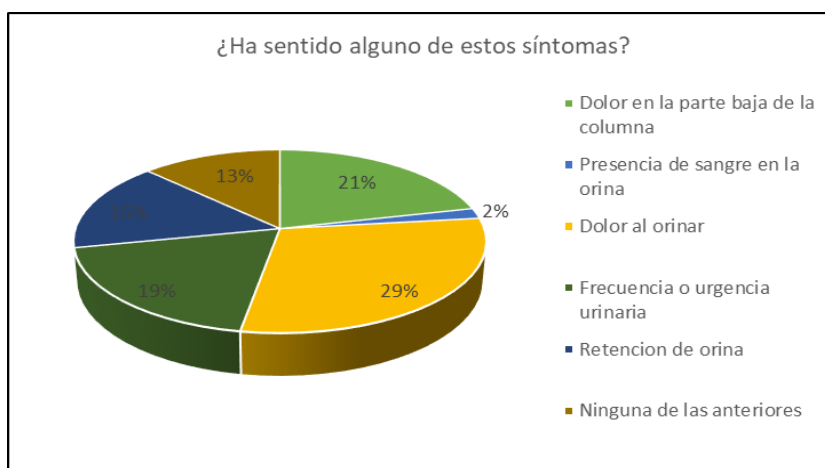
En la **Figura 11**, se muestra los porcentajes (%) de los casos que se presentaron en la preparación de menestras como un producto de consumo diario. Mediante la evaluación, se obtuvo que en la mayoría de los casos las menestras quedan crudas, y otro porcentaje mayoritario indica que se cocina a medias, lo que hace tener en cuenta el tipo de agua que se usa para la preparación (agua de pozo).

Tabla 17*¿Ha sentido algunos de estos síntomas?*

¿Ha sentido algunos de estos síntomas?	
Síntoma	Cantidad
Dolor en la parte baja de la columna	139
Presencia de sangre en la orina	12
Dolor al orinar	193
Frecuencia o urgencia urinaria	124
Retención de orina	103
Ninguna de las anteriores	82
Total	653

Fuente: elaboración del autor (2017)

La **Tabla 17**, muestra algunos síntomas sufridos o percibidos por la población del área de influencia que consumen de una u otra forma el agua de pozo en evaluación. Dentro de los síntomas comunes están el dolor en la parte baja de la cintura, presencia de sangre en la orina, urgencia urinaria (incontinencia), retención de orina, y otros síntomas poco identificados, que son molestia para la salud.

**Figura 12.** Ha sentido algunos síntomas. (Fuente: elaboración del autor - 2017)

La **Figura 12**, nos muestra los porcentajes de la población que sufrieron algún tipo de síntomas relacionados con el consumo del agua de pozo. Principalmente se vieron afectados con dolor al orinar y dolor en la parte baja de la columna, que está relacionado con algún tipo de infección a las vías urinarias.

Tabla 18*¿Su familia presenta problemas de cálculos renales?*

¿Su familia presenta problemas de cálculos renales?	
	Cantidad
Si	384
No	269
Total	653

Fuente: elaboración del autor (2017)

La **Tabla 18**, muestra los casos presenciados de problemas de cálculos renales identificados por el médico y testificados por los mismos pobladores. Generalmente están relacionados con cálculos a los riñones, ya que es el órgano que se encarga de filtrar los líquidos que ingresan al organismo.

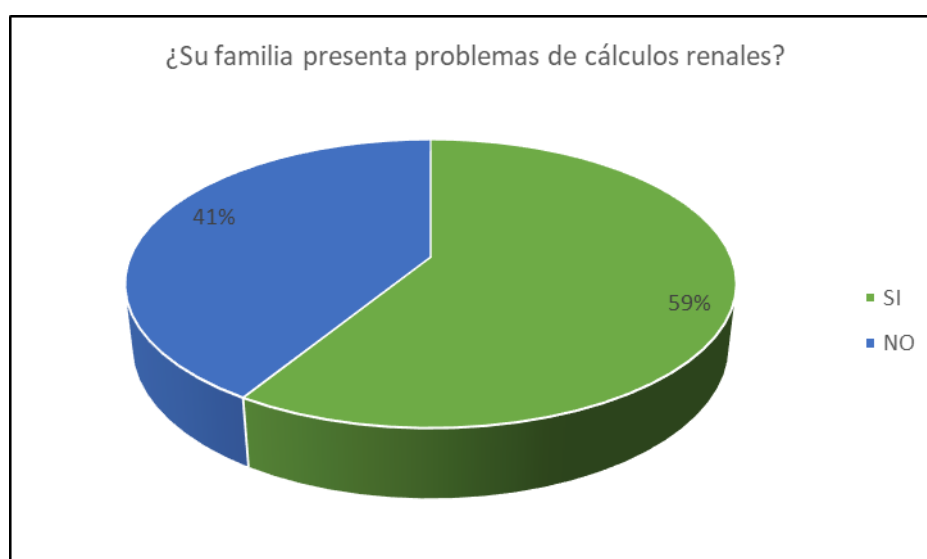


Figura 13. Su familia presenta problemas de cálculos renales. (Fuente: elaboración del autor 2017)

La **Figura 13**, muestra los porcentajes de casos de cálculos renales presentados en las familias asentadas en el área de influencia del proyecto. En la mayoría de los casos se tuvo este problema, ya sea de una forma leve o significativa, pero que de una u otra forma causaron molestias en la población.

Tabla 19*¿Ha sufrido usted de cálculos renales?*

¿Ha sufrido usted de cálculos renales?	
	Cantidad
Si	331
No	322
Total	653

Fuente: elaboración del autor (2017)

La **Tabla 19** precisa los casos de los pobladores encuestados que padecieron infecciones o cálculos renales, y que fueron molestia para su quehacer cotidiano.

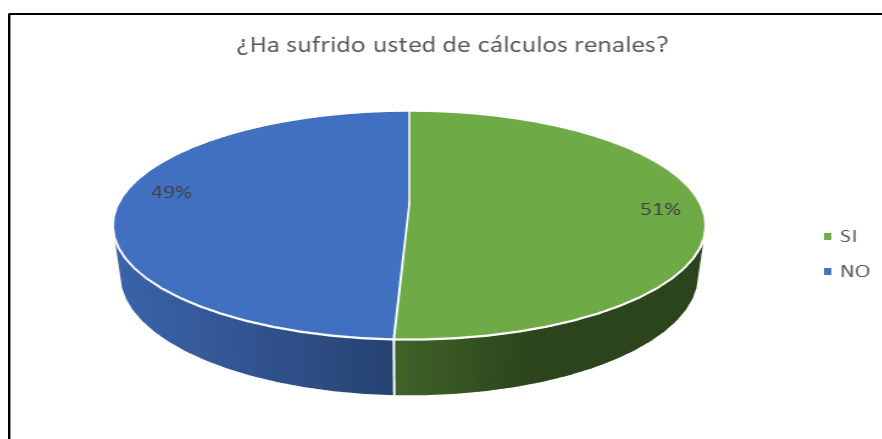


Figura 14. Ha sufrido usted de cálculos renales. (Fuente: elaboración del autor - 2017)

La **Figura 14**, especifica el porcentaje (%) de la población individual que sufrió de una u otra forma los cálculos a los riñones, y que fueron molestia para sus actividades cotidianas.

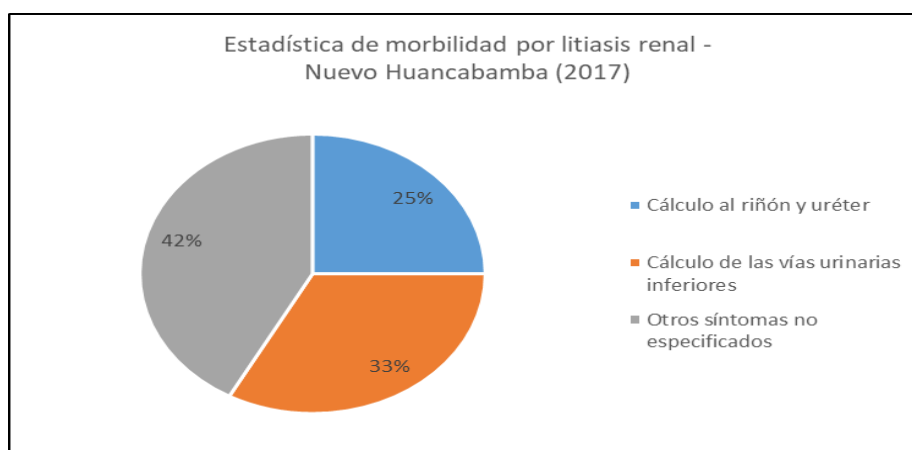


Figura 15. Morbilidad por litiasis en el caserío Nuevo Huancabamba. (Fuente: elaboración del autor - 2017)

La **Figura 15**, muestra los porcentajes (%) de la población que se encuentra en estado de mórbido a causa de las enfermedades a las vías urinarias, causadas por el consumo de agua con exceso de calcio y magnesio (agua dura). Principalmente se tiene casos de cálculos al riñón y uréter, cálculos a las vías urinarias inferiores y otros síntomas no especificados pero que son molestias constantes.

3.3. Métodos de tratamiento que se adecúe al área de influencia del proyecto.

Uno de los métodos más recomendados para el ablandamiento del agua dura es por precipitación química, el método de cal – soda, que consiste en convertir los compuestos principales en carbonato de calcio, que es el compuesto (de constitución química más sencilla) de Ca más insoluble.

Solubilidad de CaCO_3 en agua a 20°C 0,01g/L

El hidróxido de magnesio es el menos soluble de los compuestos de magnesio.

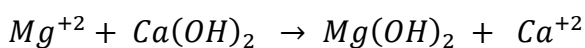
Solubilidad de $\text{Mg}(\text{OH})_2$ en agua a 20°C 0,009 g/L

El método de la cal-soda se basa en la obtención de compuesto insolubles de Ca y Mg en el uso consecutivo de cal (hidróxido de calcio) y soda (carbonato de sodio).

Muestra 01

Para el caso del Calcio (Ca^{++}), se tiene:

Cantidad de $\text{Ca}(\text{OH})_2 \rightarrow (\text{Cal})$



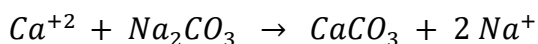
$$10^3 \text{ Lt} \times \frac{7 \times 10^{-3} \text{ mol Mg}^{+2}}{\text{Lt}} \times \frac{1 \text{ mol Ca}(\text{OH})_2}{1 \text{ mol Mg}^{+2}} \times \frac{74 \text{ gr Ca}(\text{OH})_2}{1 \text{ mol Ca}(\text{OH})_2}$$

$$= 518,00 \text{ gr de Ca}(\text{OH})_2$$

$$\therefore \text{Total de Ca}(\text{OH})_2 = 518,00 \text{ gr}$$

Para el caso del Magnesio (Mg^{++}), se tiene:

Cantidad de $Na_2CO_3 \rightarrow$ (Sosa)



$$10^3 Lt \times \frac{5,23 \times 10^{-3} mol Ca^{+2}}{Lt} \times \frac{1 mol Na_2CO_3}{1 mol Ca^{+2}} \times \frac{106 gr Na_2CO_3}{1 mol Na_2CO_3}$$

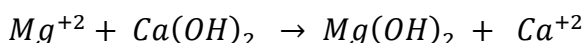
$$= 554,38 gr de Na_2CO_3$$

\therefore Total de $Na_2CO_3 = 554,38 gr$

Muestra 02

Para el caso del Calcio (Ca^{++}), se tiene:

Cantidad de $Ca(OH)_2 \rightarrow$ (Cal)



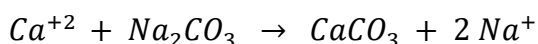
$$10^3 Lt \times \frac{5,75 \times 10^{-3} mol Mg^{+2}}{Lt} \times \frac{1 mol Ca(OH)_2}{1 mol Mg^{+2}} \times \frac{74 gr Ca(OH)_2}{1 mol Ca(OH)_2}$$

$$= 425,50 gr de Ca(OH)_2$$

\therefore Total de $Ca(OH)_2 = 425,50 gr$

Para el caso del Magnesio (Mg^{++}), se tiene:

Cantidad de $Na_2CO_3 \rightarrow$ (Sosa)



$$10^3 Lt \times \frac{6,87 \times 10^{-3} mol Ca^{+2}}{Lt} \times \frac{1 mol Na_2CO_3}{1 mol Ca^{+2}} \times \frac{106 gr Na_2CO_3}{1 mol Na_2CO_3}$$

$$= 728,22 gr de Na_2CO_3$$

\therefore Total de $Na_2CO_3 = 728,22 gr$

3.4. Discusiones

Debido a que en la localidad existe la presencia de aguas duras, éstas afectan en cierta medida a la población local, ya que su única fuente de abastecimiento es el agua subterránea a través de pozos. Es por ello la necesidad de determinar la concentración total de la dureza, y clasificarla de acuerdo a los Límites Máximos Permisibles establecidos por la legislación nacional.

Los Límites Máximos Permisibles de la legislación nacional medido como miligramos de carbonato de calcio, indica que el agua blanda tiene una concentración entre 0 – 75 mg/L, moderadamente dura entre 75 – 150 mg/L, dura entre 150 – 300 mg/L y muy dura mayor a 300 mg/L (Ministerio de Salud, 2009); mientras que la legislación internacional indica lo siguiente: agua blanda entre 0 – 60 mg/L, moderadamente dura entre 61 – 120 mg/L, dura entre 121 – 180 mg/L y muy dura mayor a 180 mg/L de CaCO_3 (Organización Mundial de la Salud, 2008).

Por otro lado, el Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano – DS N° 031-2010-SA, en su Artículo 64°. - Parámetros Adicionales de Control Obligatorio (PACO), en el punto 2. Parámetros Organolépticos indica que, en cuanto a dureza total, el Límite máximo Permissible es de 500 mg CaCO_3 /L de agua.

Neira (2006) nos dice que, respecto a la dureza, se pueden establecer claramente zonas con agua dura (300 - 500 mg/L de CaCO_3) y muy dura (< 500 mg/L de CaCO_3), la cual puede ser altamente incrustante en las redes de distribución y afectar al ser humano.

De acuerdo al estudio realizado, se ha identificado que en la localidad existen un porcentaje elevado de pobladores que al menos han tenido algunos síntomas de litiasis renal, lo que conlleva a verificar que sí influye en el incremento de casos con esta afección, ya que el consumo de una concentración elevada de calcio de forma continua hace que se formen cristales en la orina y logra afectar a los riñones.

Melitón & Rosado (2008) afirman que: El consumo prolongado de aguas que presentan concentraciones > 120 mg/L de CaCO_3 presentan un factor de riesgo para el padecimiento de litiasis urinaria.

Al identificarse un agua con concentraciones elevadas de dureza, se debe ablandar, de tal forma que se reduzca la concentración y se llegue a los Límites Máximos Permisibles para consumo humano con normalidad. Es por ello que en este estudio se propone un método de tratamiento acorde a la realidad de la zona, simple y de bajo costo, el método de uso de *Cal Sodada*, con este método se empleará el compuesto Hidróxido de Calcio- Ca(OH)_2 más Carbonato de Sodio- Na_2CO_3 , el proceso de ablandamiento se realizará por intercambio de cationes.

PAHO (2010). La Organización Panamericana de la Salud, recomienda el ablandamiento para dureza temporal y para dureza permanente. Para dureza temporal recomienda realizarlo por calentamiento y por aplicación de hidróxido de calcio. Para dureza permanente recomienda un ablandamiento mediante el uso de *Cal Sodada*, de tal forma que cuando un agua dura pasa a través de un intercambiador de cationes de sodio, el sodio del dispositivo reemplaza el calcio y al magnesio del agua dura.

CONCLUSIONES

El agua de pozo que se usa para el consumo en el caserío nuevo Huancabamba, es del tipo muy dura con una concentración total de dureza de 1 222,63 mg/L CaCO_3 para la Muestra N° 01 (pozo 01) y 1 262,24 mg/L CaCO_3 para la Muestra 02 (pozo 02), y se ve claramente que supera los Límites Máximos Permisibles Establecidos por el MINSA que es máximo de 180mg/L CaCO_3 para aguas muy duras.

El consumo prolongado de aguas duras que presentan concentraciones mayores a 300mg/L CaCO_3 presenta un factor de riesgo para el padecimiento de esta enfermedad, según estudio de León, W. (2008) donde concluye que, del total de personas evaluadas en el estudio, el 18.8% dijo haber padecido litiasis renal. Lo que concuerda con nuestro estudio, que concentraciones > 300 mg/L de CaCO_3 estuvieron asociadas a una alta prevalencia de la enfermedad, del total de personas consultadas, el 25% afirmaron haber padecido dicha enfermedad.

El método más accesible a la realizad de la zona es el de *Cal Sodada*, que de acuerdo a la concentración de dureza presente se necesitarán un total de 518,00 gramos de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 y 554,38 gramos de carbonato de sodio Na_2CO_3 por cada metro cúbico de agua de la Muestra N° 01 (pozo 01); mientras que para la Muestra N° 02 (pozo 02) se necesitará 425,50 gramos de hidróxido de calcio Ca(OH)_2 y 728,22 gramos de carbonato de sodio Na_2CO_3 por cada metro cúbico de agua.

RECOMENDACIONES

Debido a que el agua es muy dura y presenta concentraciones por encima de lo Límites Máximos Permisibles, se recomienda realizar un tratamiento adecuado y tomar como referencia el propuesto en el punto **3.3**, ya que se pudo comprobar que influye de una forma significativa en la litiasis urinaria, y la mejor opción para que se pueda seguir consumiendo sin problemas es realizando un tratamiento previo.

En el estudio se pudo comprobar que el agua dura sí influye significativamente en los casos de litiasis urinaria, por lo que las personas que ya padecen esta enfermedad deben tener cuidado y reducir en lo posible el consumo directo de este tipo de agua sin un tratamiento previo.

El tratamiento propuesto es referencial y accesible de acuerdo a la realidad de la zona, es decir es un método de bajo costo y efectivo, también se puede optar por otros compuestos o procesos químicos, siempre y cuando los costos no sean tan elevados y la calidad del agua no se vea afectada en otros parámetros. Además, se debe solicitar a la autoridad competente la realización de un proyecto de abastecimiento de agua de buena calidad y que se tenga en cuenta este parámetro tan importante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Henry, G. & Heinke, W. (1999) *Ingeniería Ambiental*. 2da Ed., México: Prentice Hall.
- Kemmer, F. (1978) *Agua: el disolvente universal*. P.A.G.S.A. España: Barcelona.
- Kiely, G. (1999) *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión. Capítulo 3. Introducción a la química y microbiología en ingeniería ambiental*. Vol. I. España: McGraw-Hill.
- Medina, M., Zaidi, M., Real de León, E. y Orozco, S. (2002) *Prevalencia y factores de riesgo en Yucatán, México, para la litiasis urinaria*. Salud pública México.
- Melitón, W. & Rosado, F. (2008) “*Impacto en la salud por consumo de agua dura en pobladores de la parte baja del río Chili, Arequipa, Perú*”. (Tesis de investigación). Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Ministerio de Salud. (2011) *Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano*. Lima, Perú.
- Miranda, N., Huanqui, R. & Romero, E. (2002) *Tecnología de aguas*. Universidad Nacional del Altiplano. Puno, Perú.
- Mora, D. & Alfaro N., Portuquez C. & Peinador, M. (2000). *Cálculos en las vías urinarias y su relación con el consumo de calcio en el agua de bebida en Costa Rica* (Revista Costarricense de Salud Pública). Costa Rica.
- Mora, D. & Chamizo, H. (2008) *Sobre las concentraciones de sales de calcio en el agua para consumo humano y la litiasis renal en Costa Rica* (estudio exploratorio ecológico). Unión Iberoamericana, Costa Rica.
- Neira, M. (2006) *Dureza en aguas de consumo humano y uso industrial, Impactos y medidas de mitigación. Estudio de caso: Chile* (Memoria para optar al título de ingeniero civil). Universidad de Chile, Chile.
- Organización Mundial de la Salud. (2006) *Guías para la calidad del agua potable*. Suiza.
- Organización Mundial de la Salud: *Guías para la calidad del agua potable*. Vol. 01: Recomendaciones. OMS, 2006.

- Dirección General de Salud Ambiental. (2010). *Parámetros Organolépticos*. (Estudio Técnico Ambiental). GESTA AGUA: Lima.
- Cotruvo, J. (2010). *Aspectos de Salud Relacionados con la Presencia de Calcio y Magnesio en el Agua Potable*. (Revista Agua Latinoamérica: Volumen 6, numero 3). Washington, D.C. EE.UU.
- Ordoñez, J. (2011). *Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico* (Cartilla Técnica – SENAMHI). Sociedad Geográfica de Lima: Lima.
- Organización Panamericana de la Salud. (2012). *Estudio de la calidad de fuentes utilizadas para consumo humano y plan de mitigación por contaminación por uso doméstico y agroquímicos en Apurímac y Cusco*. PAHO, 2012.

ANEXOS

Anexo A:Módulo de Encuesta a utilizar en la ejecución del proyecto de investigación

CENTRO POBLADO:

.....

Hora:..... Fecha:...../...../.....

Nombre del Encuestador : Waldir, REYES TINEO

Asesor : Ing M. Sc. Santiago A. Casas Luna

1 Edad y sexo de la persona a encuestar:

Edad:.....

Sexo:.....

2 ¿Qué tiempo habita usted en este centro poblado?

- ☐ De 2 a 5 años
☐ De 5 a 10 años
☐ De 10 a 15 años
☐ De 15 a más

3 ¿Qué cantidad de agua bebe usted diariamente?

- ☐ De 1 a 2 litros
☐ De 2 a 3 litros
☐ De 3 a 5 litros
☐ De 5 a 10 litros

4 ¿Usted cómo utiliza el agua para beber?

- ☐ En forma directa
☐ Agregando refresco
☐ Hervida
☐ Otros:.....

5 ¿Qué procedencia tiene el agua que usted utiliza?

- ☐ Agua de canal
☐ Agua de pozo
☐ Agua de cisternas
☐ Agua potable
☐ Otros:.....
 ...

6 ¿Ha notado algo al hacer hervir el agua en sus utensilios (ollas, hervidores, etc.)?

- ☐ Formación de sarro
☐ Ningún problema
☐ Oxidación
☐ Otros:.....
 ...

7 Para su uso del lavado de ropa, utiliza:

- ☐ Jabón de tocador
- ☐ Jabón
- ☐ Detergente
- ☐ Shampoo

Para el baño, utiliza:

- ☐ Jabón de tocador
- ☐ Jabón
- ☐ Detergente
- ☐ Shampoo

8 ¿Qué problemas ha notado al hacer uso de estos?

.....

9 ¿En la preparación de menestras (frejoles, alverja, lenteja y pallares), que problemas se presenta?

10

- ☐ No hay cocción (crudo)
- ☐ Cocción a medias
- ☐ Cocción normal
- Otros:.....

11 ¿Usted ha sentido en alguna oportunidad los siguientes síntomas?

- ☐ Dolor en la parte baja de la columna
- ☐ Presencia de sangre en la orina
- ☐ Dolor al orinar
- ☐ Frecuencia o urgencia urinaria (sensación de necesidad imperiosa de orinar)
- ☐ Retención de orina (cólico nefrítico)
- ☐ Ninguna de las anteriores

12 ¿Su familia presenta problemas de cálculos renales?

- ☐ Si
- ☐ No

.....

13 ¿Ha sufrido de cálculos renales?

- ☐ Si
- ☐ No

Anexo B:**Ficha de reporte de datos**

Proyecto: Influencia del consumo de agua dura de pozo sobre la salud de los pobladores del Caserío Nuevo Huancabamba, Moyobamba, 2017

CENTRO POBLADO:

.....

Hora:..... Fecha:...../...../.....

Nombre del Tesista : Waldir, REYES TINEO

Asesor : Ing M. Sc. Santiago A. Casas Luna

Tipo de afección	Nº de Casos
Casos de cálculos a los riñones	
Casos de cálculos al uréter	
Casos de cálculos a la vejiga	
Otros síntomas no especificados	
No padece ninguna afección	
TOTAL	

OBSERVACIONES:

Anexo C: Plano de Ubicación del proyecto de investigación



INFORME DE ENSAYO 021-2017

Nº de protocolo : 023-2017
Cliente : Waldir Reyes Tineo
Muestra(s) declaradas(s) : Muestra de agua subterránea- Pozo (Nuevo huancabamba)
Fecha de recepción de la muestra : 25 -06-17
Fecha de inicio de análisis : 25-06-17
Responsable de muestreo : Waldir Reyes Tineo
Procedencia de la muestra : Nuevo Huancabamba
Fecha de emisión de informe : 30-06-17

Análisis químico - Muestra 01

Parametro	Unidad	Resultado
Magnesio	mg/l	127
Calcio	mg/l	280

Análisis químico - Muestra 02

Parametro	Unidad	Resultado
Magnesio	mg/l	167
Calcio	mg/l	230

Referencia de métodos analíticos

- Estándar methods for the examination of wáter and wastewater.20 th. Edic. APHA AWWA, WEF 1998
- Manual de methods for chemical analysis of water of water and wastes, US-EPA 600/4-79-020, March. 1983

Observaciones

- La muestra fue recepcionada en condiciones de conservacion y preservación

Moyobamba, 30 de Junio de 2017


Ing. Alfonso Rojas Bardález
TITULAR GERENTE